DOI: 10.22092/spj.2023.361468.1301

مجله نهال و بذر"
جلد ۳۸، شماره ۲، سال ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

کمی سازی نقش مدیریت زراعی بر عملکرد دانه سویا در منطقه گرگان در شمال ایران

Quantifying the Role of Crop Management Practices on Seed Yield of Soybean in Gorgan Region in the North of Iran

ابوالفضل فرجی

استاد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

چکیده

فرجی، ا. ۱۴۰۱. کمی سازی نقش مدیریت زراعی بر عملکرد دانه سویا در منطقه گرگان در شمال ایران. **مجله نهال و بذر ۳۸:** ۲۵۸-۲۳۹.

به‌منظور بررسی نقش عوامل مدیریت مزرعه موثر بر عملکرد دانه سویا و کمی‌سازی روابط بین آنها، ۱۲۰ مزرعه سویا در منطقه گرگان در سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ که در دامنه متفاوتی از مدیریت‌های زراعی کشت شده بودند انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه رگرسیونی گام به گام نشان داد از بین متغیرهای مورد بررسی، مدل عملکرد با دو متغیر مستقل انتخاب و تعیین شد. این مدل ۸۱ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را در سطح احتمال یک درصد توجیه کرد. نتایج مدل نشان دهنده اهمیت دو عامل تاریخ کاشت و آبیاری جهت بهبود عملکرد دانه در مزارع سویای منطقه گرگان بود. بین تاخیر در کاشت از اول خرداد با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه رابطه خطی منفی معنی دار وجود داشت. به طوریکه به ترتیب ۶۴ و ۷۰ درصد تغییرات عملکرد دانه بیولوژیک و عملکرد دانه توسط تاخیر در کاشت توجیه شد. شیب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه سویا به ازای هر روز تاخیر در کاشت از اول خرداد به ترتیب برابر ۱۳۰ و ۵۶ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد دانه در مزارع سویای مورد بررسی در شرایط صفر، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ نوبت آبیاری به ترتیب برابر با ۹۵۵، ۸۸۳، ۱۰۶۶، ۱۹۹۵، ۱۹۹۰، ۲۶۶۵ و ۳۷۶۹ کیلوگرم در هکتار بود. در منطقه گرگان کشت سویا عمدتا از اواخر خرداد و بعد از برداشت محصولات پاییزه نظیر گندم و کلزا انجام می شود. در چنین شرایطی، مدیریت زراعی مناسب بویژه تاریخ کاشت وآبیاری بهینه در مراحل حساس رشد محصول برای دستیابی به عملکرد دانه بالا و پایداری تولید این محصول مهم بسیار اهمیت دارد.

واژه های کلیدی: سویا، مدیریت مزرعه، عملکرد بیولوژیک، اجزای عملکرد دانه، شکاف عملکرد.

* نگارنده مسئول abolfazlfaraji@yahoo.com تلفن: ۰۱۷۳۲۵۳۳۸۶۷

مقدمه

جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ از نه میلیارد نفر خواهد گذشت. پیش‌بینی می‌شود سطح قابل کشت محصولات کشاورزی از میانگین ۰/۴۵ هکتار برای هر نفر در سال ۱۹۶۰ به ۰/۱۸ هکتار در ۲۰۵۰سال کاهش پیدا کند (FAO, 2017). این جمعیت رو به افزایش نیازهای زیادی به همراه دارد که باید از طریق اجرای برنامه های توسعه متناسب مرتفع شوند.

تامین غذای مورد نیاز و امنیت غذایی دغدغه همیشگی سیاستگذاران و کارشناسان کشورهای مختلف جهان به ویژه کشورهای در حال توسعه است. کشور ما از نظر تأمین روغن خوراکی و کنجاله مورد نیاز دام و طیور در وضعیت مناسبی قرار ندارد و در حال حاضر ۹۳ درصد از نیاز خود را از طریق واردات تامین می کند (Anonymous, 2022). برای کاهش این وابستگی، پژوهش درباره روش های افزایش تولید دانه های روغنی و حل مشکلات فنی موجود دارای ضرورت دارد.

در میان محصولات دانه‌های روغنی سویا دارای بیشترین سطح کشت است و یک چهارم روغن و دو سوم پروتئین جهان را فراهم می کند. دانه سویا دارای حدود ۲۰ درصد روغن و ۴۰ درصد پروتئین است و به دلیل قابلیت تثبیت نیتروژن هوای خاک، سویا می تواند نقش مهمی در تناوب زراعی در اکثر نظام های زراعی داشته باشد (Faraji *et al*., 2012; Faraji *et al*., 2016; Anonymous, 2022).

در ایران، زراعت سویا از سال ۱۳۴۶ با سطح کشت ۳۸۰۰ هکتار آغاز و در سال ۱۳۷۳ به مساحتی بیش از ۱۰۳ هزار هکتار افزایش یافت. تولید سویا نیز از حدود ۲ هزار تن در سال ۱۳۴۶ به بیشترین مقدار در سال ۱۳۷۳ به میزان ۲۳۰ هزار تن رسید (Faraji *et al*., 2012). اگرچه این توسعه سطح کشت عمدتا در مناطق محدودی نظیر استان های شمالی کشور اتفاق افتاد. متاسفانه از آن به بعد روند کشت و تولید سویا در کشور کاهشی بوده است، که عمدتا به دلیل تغییرات شدید اقلیمی بویژه افزایش دما، کاهش و پراکنش نامنظم بارندگی، کاهش شدید منابع آبی، مشکلات فنی نظیر بروز عارضه اختلال در غلاف بندی و در سال های اخیر افزایش سطح کشت گیاهان رقیب با مزیت نسبی بالا مثل برنج بود (Faraji *et al*., 2016).

در استان گلستان سطح زیرکشت سویا به دلایل متعدد دارای نوسانات زیادی بوده است، به طوری که در دوره ۵۵ ساله کشت این گیاه از کمتر از هزار هکتار ۵ تا بیش از ۵۸ هزار هکتار تغییرات داشته است. سطح زیرکشت و تولید سویا کشور و استان گلستان در سال های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ در جدول ۱ ارائه شده است. این گیاه در تناوب با بسیاری از گونه های زراعی نظیر غلات، کلزا، باقلا و سیب‌زمینی کشت می شود و علاوه بر نقش بسیار مثبت آن در حاصلخیزی خاک، جهت تامین بخشی از روغن و کنجاله مورد نیاز کشور بسیار مهم است. در برنامه ریزی الگوی کشت کشور، سویا یکی از ۱۵ محصول

جدول ۱- سطح زیر کشت و تولید سویا کشور و استان گلستان طی سال های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ (Ahmdi *et al.*, 2017-21; Anonymous, 2022)

Table 1. Cultivated area and production of soybean in Golestan and Iran from 2016 to 2021 (Ahmdi *et al.*, 2018-21; Anonymous, 2022)

	Golestan province استان گلستان		Iran ایران	
سال Year	سطح زیر کشت (هکتار) Cultivated area (ha)	تولید (تن) Production (ton)	سطح زیر کشت (هکتار) Cultivated area (ha)	تولید (تن) Production (ton)
2016	32500	53998	52406	139325
2017	21000	40526	39537	91335
2018	21050	36100	40327	83303
2019	15500	35200	29325	68179
2020	10648	24505	22158	53115
2021	13150	23529	26183	52612

اصلی است و برنامه کشت آن برای استان گلستان حدود ۳۵ هزار هکتار در نظر گرفته شده است (Mardi *et al*., 2022).

وقوع تنش های زنده و غیر زنده در مراحل مختلف رشد سویا، به ویژه در مراحل زایشی (مراحل تشکیل گل و غلاف و مرحله پرشدن دانه)، سبب بروز خسارت شدید به مزارع سویا می شود (Faraji *et al*., 2016; Faraji *et al*., 2018). از مهمترین عوامل محدودکننده و کاهنده تولید گیاهان زراعی می‌توان به تنش خشکی (Por Mousavi, 2007)، تنش شوری، دماهای بالا و پایین هوا، تنش غرقابی، آفات و بیماری ها و علف‌های هرز (Shamlei *et al*., 2018; Ghayeb Zamharir *et al*., 2022a; Ghayeb Zamharir *et al*., 2022b) اشاره کرد.

عوامل زیادی از جمله شرایط آب و هوایی، تاریخ کاشت (Salahi *et al*., 2006a)، آرایش کاشت، تراکم بوته، عادت رشد، مدیریت زراعی و تغذیه گیاهی (Faraji *et al*., 2016; Faraji *et al*.,2018) می‌توانند باعث تغییرات عملکرد دانه سویا شوند. با توجه به این که اطلاعات کمی در زمینه سهم هر یک از این عوامل محدودکننده بر کاهش عملکرد سویا در استان گلستان وجود دارد، بنابراین، تعیین سهم هر یک از این عوامل بر کاهش عملکرد دانه این محصول زراعی مهم بررسی شود، تا با اتخاذ روش های مدیریت مزرعه مناسب بر این محدودیت‌ها فائق آمد.

استفاده از رگرسیون چندگانه با روش گام به گام اغلب در علوم زراعی برای مطالعه اثر عوامل محدود کننده بر خصوصیات محصولات زراعی از جمله عملکرد دانه استفاده می‌شود (Soltani, 2009). پژوهشگران متعددی از این روش برای ارزیابی شکاف عملکرد در گیاهان زراعی مختلف استفاده کرده‌اند. هان و همکاران (Han *et al*., 2006) به‌منظور بهینه‌سازی تولید

گندم دیم در مناطق آسیای غربی و شمال آفریقا نقش رقم، مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن، آب خاک قابل استفاده در زمان کاشت، تاریخ و تراکم کاشت و نوع خاک از نظر ظرفیت نگهداری آب را مورد بررسی قرار دادند.

شکاف عملکرد گیاهان زراعی، تفاوت بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه است که ظرفیت موجود برای افزایش عملکرد و تولید هر یک از محصولات زراعی را نشان می دهد (Hochman *et al.*, 2012). با در دست داشتن اطلاعات لازم در رابطه با وضعیت عملکرد واقعی محصولات زراعی، می توان شکاف عملکرد را از طریق پتانسیل عملکرد برآورد شده در هر منطقه مشخص کرد. تجزیه عوامل موثر بر شکاف عملکرد ناشی از مدیریت متداول در مزارع، زمینه را برای یافتن راهکارهای مدیریت زراعی مطلوب با هدف دستیابی به عملکرد قابل حصول و طراحی راهبردهای امنیت غذایی را فراهم می کند (Van Wart *et al.*, 2013).

با توجه به اهمیت توسعه کشت سویا در کشور در راستایی تامین روغن خوراکی، در این مطالعه، در سه سال ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، با نمونه‌گیری از مزارع مختلف در دامنه وسیعی از مدیریت های زراعی، رابطه بین عوامل مدیریت مزرعه نظیر تاریخ کاشت، آبیاری و همچنین عوامل محیطی نظیر درجه حرارت هوا در طول دوره زایشی با عملکرد دانه سویا تعیین و سهم هر یک از عوامل در کاهش عملکرد دانه یا افزایش شکاف عملکرد دانه برای این محصول مهم در منطقه گرگان تعیین شد.

مواد و روش ها

برای بررسی نقش عوامل محیطی و مدیریت مزرعه بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا، ۱۲۰ مزرعه (هر سال ۴۰ مزرعه) در منطقه گرگان در سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶و ۱۳۹۷ که در دامنه متفاوتی از مدیریت‌های زراعی کشت شده بودند و در یک شعاع حدود ۱۰ کیلومتری از ایستگاه های هواشناسی قرار داشتند، شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند. این مزارع شامل مزارع خوب، متوسط و ضعیف و حتی مزارع بذری بودند. از داده های مزارعی که دچار عارضه اختلال در غلاف بندی سویا شده بودند، استفاده نشد.

رقم سویای مورد کشت در کلیه مزارع مورد بررسی رقم کتول بود. این رقم رشد نامحدود با گروه رسیدگی ۵ دیررس است و با توجه به پتانسیل عملکرد دانه بالا و استقبال کشاورزان از آن، در دهه گذشته بیشترین سطح زیر کشت سویا در استان گلستان را به خود اختصاص داده بود. این رقم دارای بوته‌هایی چند شاخه، برگ‌های پهن، رنگ گل بنفش، رنگ دانه زرد روشن و درصد روغن ۲۰و درصد پروتئین دانه حدود ۳۹ درصد می‌باشد.

در طول فصل رشد محصول سویا مراحل نمو فنولوژیک در مزراع مختلف تعیین شد (Fehr and Caviness, 1977). در هر مزرعه

یک کرت به طور تصادفی و به مساحت دو متر مربع انتخاب و تعداد بوته‌های واقع در آن شمارش شد و سپس تعداد پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و برای تعیین شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه به آزمایشگاه منتقل شد. تعداد دانه در بوته از طریق حاصل ضرب تعداد بوته در متر مربع در تعداد غلاف در بوته در تعداد دانه در غلاف محاسبه شد.

برای محاسبه عملکرد بیولوژیک و دانه، بوته‌های برداشت شده به مکانی مناسب انتقال داده شد. هنگامی که غلاف‌ها خشک شدند و رطوبت دانه به حدود ۱۰ درصد رسید عملکرد بیولوژیک (وزن خشک اندام های هوایی) و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

آمار هواشناسی مربوط به فصل رشد از ایستگاه هواشناسی گرگان تهیه شد (جدول ۲). شهرستان گرگان با میانگین بلند مدت بارندگی سالانه حدود ۶۰۰ میلی‌متر، دامنه نوسانات دمایی سالانه ۱۰ درجه سانتی گراد، ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا و میانگین دمای سالانه ۱۳ درجه سانتی گراد در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۸۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی قرار دارد. در این منطقه معمولاً یک فصل معتدل و مرطوب با یک فصل نسبتا گرم و نیمه مرطوب دنبال می‌شود.

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی ایستگاه گرگان در سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ طی فصل رشد سویا

Table 2. Meteorological information of Gorgan station during soybean growing seasons for 2016, 2017 and 2018

		میانگین دما (درجه سانتی گراد) Mean temperature (°C)			مجموع بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)			میانگین روزانه ساعات آفتابی Daily sunny hours			تبخیر بالقوه روزانه (میلی‌متر) Daily potential evaporation (mm)		
Month	ماه	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
April-May-	اردیبهشت	22.4	20.0	20.1	82.0	95.2	16.6	4.2	6.8	6.3	3.8	4.3	4.3
May-June	خرداد	25.0	25.1	25.7	2.2	62.6	4.7	8.8	8.6	8.4	6.6	5.4	6.7
June-July	تیر	27.9	28.4	31.0	5.0	13.2	23.4	9.3	8.4	10.2	7.6	6.3	8.8
July-August	مرداد	29.4	30.3	30.2	0.0	82.2	21.3	11.1	9.3	6.4	8.9	6.8	8.6
August- September	شهریور	27.6	29.6	26.8	16.1	28.4	9.2	10.4	8.5	8.5	7.5	5.5	6.3
September-October	مهر	20.2	19.8	20.8	89.1	27.9	54.5	6.5	6.1	7.7	3.1	3.2	0.4
October-November	آبان	14.3	19.5	15.4	10.4	82.5	47.3	6.3	4.2	5.5	3.4	1.5	2.1
Novmber-December	آذر	7.4	10.0	11.5	71.8	26.2	43.8	5.3	4.6	3.9	1.2	0.9	1.0

در این پژوهش اثر عوامل محیطی و مدیریت زراعی که ممکن بود بر عملکرد دانه اثر داشته باشند بررسی شد (Soltani, 2009). اطلاعات مربوط به مدیریت مزرعه شامل مساحت مزرعه، محصول قبلی، نوع، تعداد و زمان شخم و دیسک، میزان بذر مصرفی، تاریخ کاشت، تراکم بوته، نوع، میزان و زمان مصرف کود، آبیاری، نوع و مقدار آفت‌کش‌های مصرفی تهیه شد. این اطلاعات از طریق پایش مستمر مزارع در طول فصل رشد و همچنین دیدار چهره به چهره با کشاورزان به دست آمد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، اطلاعات جمع‌آوری شده نرمال شدند (SAS, 1997). بدین منظور ابتدا پارامترها، واحدها و مقادیر آن‌ها کدگذاری شدند. برای تجزیه آماری پارامترهای کیفی به صورت صفر و یک تغییر کردند. رابطه هر پارامتر با عملکرد دانه مورد بررسی و در نهایت معنی‌دار بودن اثر این پارامترها بر روی عملکرد دانه تعیین شد.

روابط این پارامترها با عملکرد دانه به‌صورت نمودارهای جعبه‌ای (پارامترهای کیفی) یا نمودار پراکنش (پارامترهای کمی) نشان داده شد. سپس با استفاده از رگرسیون چندگانه و از طریق روش گام به گام پیش رونده رابطه بین پارامترهای موثر بر عملکرد دانه که از طریق آماره‌های توصیفی مشخص شد، مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای مدل انتخاب شدند. مدل نهایی با استفاده از روش آزمون و خطای کنترل شده تعیین شد (Soltani, 2009).

نتایج و بحث

در این پژوهش اثر عوامل مدیریت مزرعه بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا مدل عملکرد با استفاده از تجزیه رگرسیونی گام به گام تعیین شد. تجزیه رگرسیونی گام به گام نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی نظیر میزان مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، عناصر ریزمغذی، بذرمال باکتری، مصرف آفت کش ها، مساحت مزرعه، نوع محصول قبلی، روش کشت و ... ، مدل عملکرد با دو متغیر مستقل انتخاب شد. این مدل ۸۱ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را در سطح احتمال یک درصد توجیه کرد و به صورت رابطه زیر تعیین شد:

$$Yield = 2358 - 34 X_1 + 261 X_2$$

در این رابطه X_1 تاخیر در کاشت از ابتدای خرداد و X_2 تعداد دفعات آبیاری در طول فصل رشد می باشند.

شکاف عملکرد دانه و سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد دانه سویا در مزارع مورد بررسی و نسبت به آن ها در جدول**۳** ارائه شده است. مدل عملکرد دانه، میانگین و حداکثر عملکرد دانه را به ترتیب به **۲۲۲۳** و **۳۸۵۶** کیلوگرم در هکتار برآورد کرد که با میانگین و حداکثر عملکرد دانه مشاهده شده (به ترتیب **۲۲۷۴** و **۳۸۶۰** کیلوگرم در هکتار) قابل مقایسه بود (جدول **۳**).

شکاف عملکرد دانه برآورد شده برابر با **۱۶۳۳** کیلوگرم در هکتار بود، که نشان داد بین

جدول ۳- کمی سازی عوامل موثر بر شکاف عملکرد دانه سویا

Table 3. Quantifying factors affecting soybean yield gap

		مقدار مشاهده شده Observed value		مقدار مدل Simulated value			
پارامتر Parameter	ضریب Coefficient	بهترین مقدار Best value	میانگین Mean	بهترین مقدار Best value	میانگین Mean	اجزای شکاف عملکرد دانه Seed yield gap components	درصد شکاف عملکرد دانه Seed yield gap (%)
Intercept	2358	-	–	2358	2358	-	–
X_1	-34	2	27	-68	-918	850	52
X_2	261	6	3	1566	783	783	48
عملکرد دانه مشاهده شده Observed seed yield		3860	2274	-	-	–	–
عملکرد دانه برآورد شده Simulated seed yield		-	–	3856	2223	–	–
شکاف عملکرد Seed yield gap		–	–	–	–	1633	100

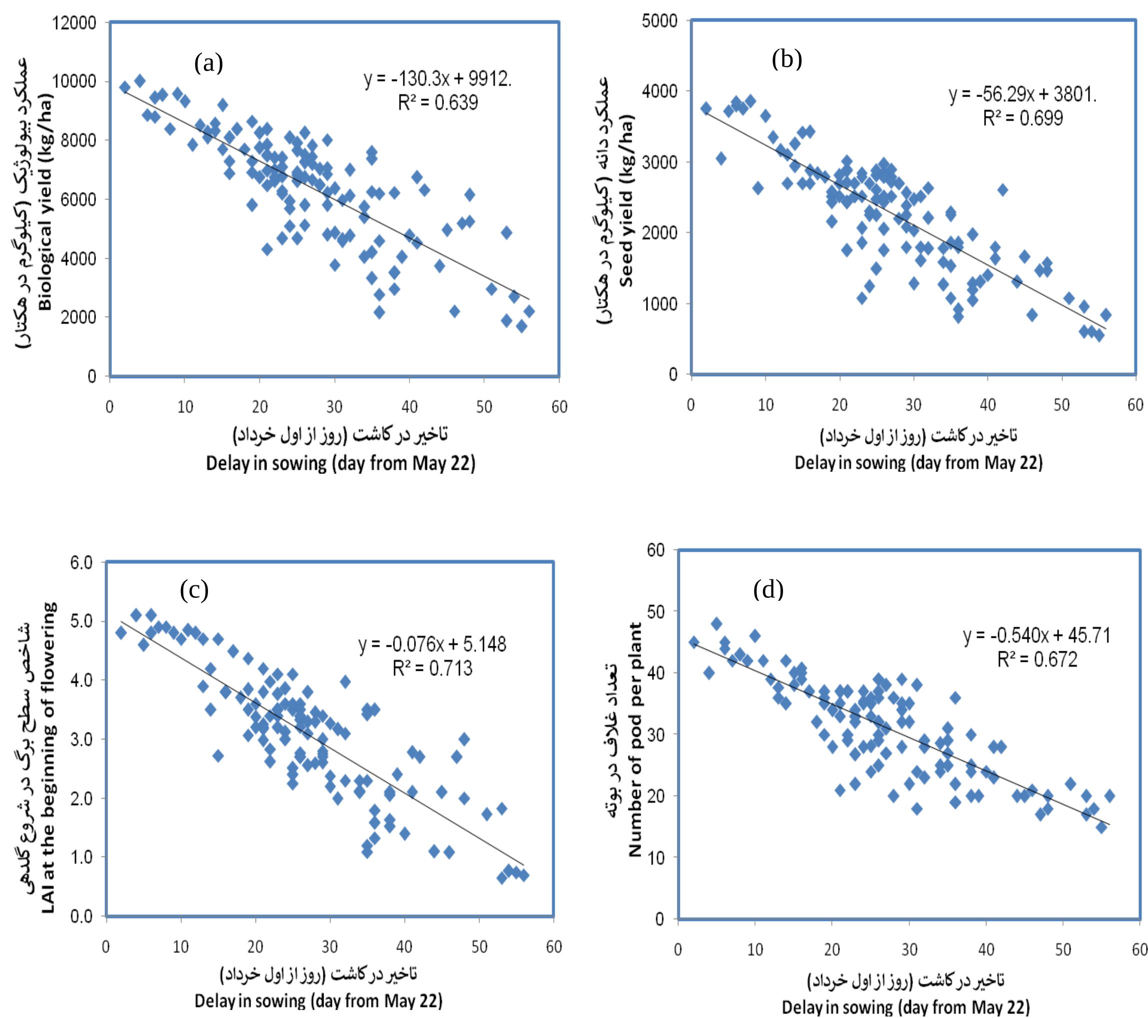
X_1: تاخیر در کاشت از ابتدای خرداد و X_2: تعداد آبیاری در طول دوره رشد می باشند.

X_1: delying in sowing time, and X_2: number of irrigation during growing season

عملکرد دانه واقعی در مزارع کشاورزان و آنچه می توانند برداشت کنند فاصله قابل ملاحظه ای وجود داشت. این شکاف با مدیریت مزرعه مناسب (بویژه رعایت تاریخ کاشت مناسب و آبیاری به موقع) می تواند کاهش داده شود. از بین اجزای تشکیل دهنده شکاف عملکرد دانه سویا بین مزارع مورد بررسی، سهم رعایت تاریخ کاشت مناسب ۵۲ درصد و سهم تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد ۴۸ درصد بود (جدول ۳).

از میان مزارع مورد بررسی، بیشترین عملکرد دانه (۳۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) با تاریخ کاشت هشتم خرداد، پنج نوبت آبیاری، شاخص سطح برگ در مرحله شروع گلدهی ۴/۹ و طول دوره رشد از سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک ۱۵۰ روز به دست آمد (شکل ۱). کمترین عملکرد دانه (۵۵۰ کیلوگرم در هکتار) با تاریخ کاشت ۲۴ تیر، بدون آبیاری، شاخص سطح برگ در مرحله شروع گلدهی ۰/۸ و طول دوره رشد از سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک ۱۲۷ روز به دست آمد (شکل ۱).

تاخیر در کاشت سویا سبب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شد. بین تاخیر در کاشت از اول خرداد با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه رابطه خطی منفی معنی دار وجود داشت. به طوری که به ترتیب ۶۴ و ۷۰ درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در مزارع مورد بررسی توسط تاخیر در کاشت توجیه شد (شکل ۱). شیب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به ازای هر روز تاخیر در کاشت از اول خرداد به ترتیب برابر ۱۳۰ و ۵۶ کیلوگرم در هکتار بود که موید این موضوع است که تاخیر در کاشت سویا در منطقه گرگان منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شد.



شکل ۱- رابطه تاخیر در کاشت با عملکرد بیولوژیک(a)، عملکرد دانه(b)، شاخص سطح برگ در مرحله شروع گلدهی (c) و تعداد غلاف در بوته (d)

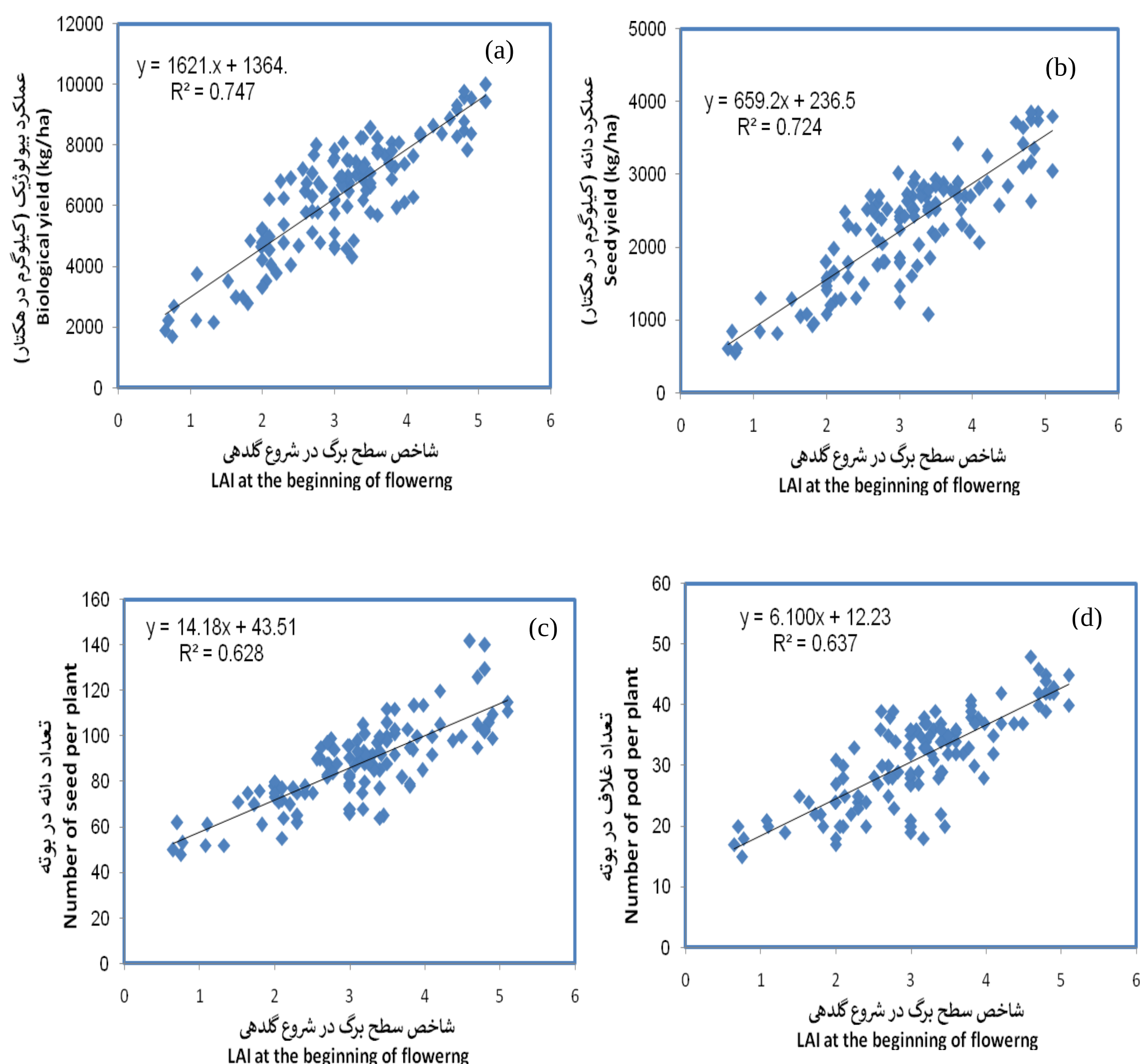
Fig. 1. Relationship between dely in sowing time with biological yield (a), seed yield (b), leaf area index (LAI) at the beginning of flowering stage and the number of pod plant^{-1} (d)

تاریخ کاشت مناسب یکی از مهمترین عوامل زراعی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در محصولات زراعی نظیر سویا است. به نظر می رسد، در مزارع مورد بررسی، تاخیر در کاشت گیاه از طریق کاهش رشد رویشی و همچنین کاهش تعداد غلاف در بوته بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تاثیر منفی داشت. این موضوع به خوبی در شکل ۱ نشان داده شده است. بین تاخیر در کاشت از اول خرداد با شاخص سطح برگ در شروع گلدهی و تعداد غلاف در بوته رابطه خطی منفی معنی دار وجود داشت، به طوری که به ترتیب ۷۱ و ۶۷ درصد تغییرات شاخص سطح برگ درمرحله شروع گلدهی و تعداد غلاف در بوته در مزارع مورد بررسی توسط تاخیر در کاشت توجیه شد (شکل ۱). شیب کاهش شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی به ازای هر روز تاخیر در کاشت از اول خرداد برابر ۰/۰۸ و شیب کاهش تعداد غلاف در بوته به ازای هر روز تاخیر در کاشت از اول خرداد برابر ۰/۵۴ غلاف بود که موید تاثیر منفی تاخیر در کاشت بر سطح برگ و تشکیل غلاف و در نتیجه عملکرد دانه بود (شکل ۱).

رابطه رگرسیونی بین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته با شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی در مزارع مورد بررسی در شکل ۲ ارائه شده است. بین شاخص سطح برگ در مرحله شروع گلدهی با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه رابطه خطی مثبت معنی دار وجود داشت. به طوری که به ترتیب ۷۵ و ۷۲ درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در مزارع مورد بررسی توسط شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی توضیح داده شد (شکل ۲). شیب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به ازای هر واحد کاهش در شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی به ترتیب برابر ۱۶۲۱ و ۶۵۹ کیلوگرم در هکتار بود که موید اهمیت سطح برگ سبز در این مرحله در تولید ماده خشک و عملکرد دانه بود (شکل ۲).

اطلاعات شکل ۲ به خوبی نشان از اهمیت و نقش مهم سطح برگ سبز به عنوان اندام اصلی فتوسنتز کننده و تولید زیست توده در افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه سویا بود. سایر پژوهشگران نیز اهمیت شاخص سطح برگ بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه سویا را گزارش کرده اند (Faraji *et al*., 2016a; Faraji *et al*., 2016b; Faraji *et al*., 2018a; Faraji *et al*., 2018b). به نظر می رسد، در مزارع مورد بررسی، سطح برگ سبز مناسب از طریق افزایش تعداد غلاف در بوته و در نتیجه تعداد دانه بوته بر عملکرد دانه تاثیر مثبت داشت. این موضوع به خوبی در شکل ۲ نشان داده شده است.

بین شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف رابطه خطی مثبت قوی وجود داشت. به طوری که به ترتیب ۶۴ و ۶۳ درصد روند

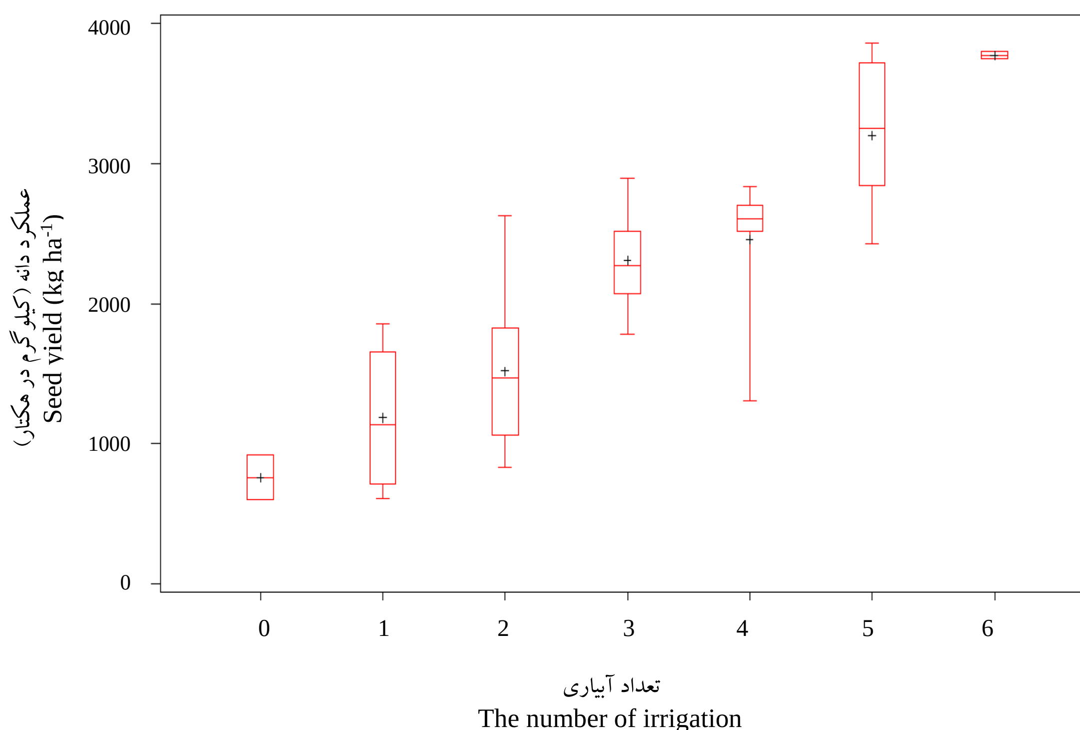


شکل ۲- رابطه شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی با عملکرد دانه(a)، عملکرد بیولوژیک(b)، تعداد دانه در بوته(c) و تعداد غلاف در بوته (d)

Fig. 2. Relationship between leaf area index (LAI) at the beginning of flowering stage with biological yield (a), seed yield (b), the number of seed plant^{-1} (c) and number of pod plant^{-1} (d

تغییرات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در مزارع مورد بررسی توسط شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی توضیح داده شد (شکل ۲). شیب کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف به ازای هر واحد کاهش شاخص سطح برگ در شروع مرحله گلدهی به ترتیب برابر ۶/۱ و ۱۴/۲ عدد بود که موید تاثیر مثبت افزایش سطح برگ بر اجزای زایشی و در نتیجه عملکرد دانه سویا بود (شکل ۲).

آبیاری یکی از مهمترین عوامل زراعی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد در محصولات زراعی بویژه در محصولات تابستانه نظیر سویا است (Kiani and Sedaghat Dost, 2016). در این پژوهش، دامنه تغییرات تعداد آبیاری در مزارع مورد بررسی بین صفر تا شش نوبت بود (شکل ۳). میانگین عملکرد دانه سویا در مزارع مورد بررسی تحت ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ نوبت آبیاری به ترتیب برابر با ۹۵۵، ۸۸۳، ۱۰۶۶، ۱۹۹۵، ۱۹۹۰، ۲۶۶۵ و ۳۷۶۹ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳). بیشترین فراوانی مربوط به مزارع با ۴ نوبت آبیاری به تعداد ۳۴ عدد بوده و مزارع با ۳ و ۲ نوبت آبیاری به ترتیب با ۲۷ و ۲۵ مزرعه در رتبه های بعدی قرار گرفتند.



شکل ۳- اثر تعداد دفعات آبیاری بر عملکرد دانه سویا
Fig. 3. The effect of the number of irrigation on seed yield

در منطقه گرگان در استان گلستان سویا به عنوان کشت دوم بعد از محصولاتی مانند گندم، جو، سیب زمینی و غیره عمدتاً به صورت آبی مورد کشت می شود. در این پژوهش آشکار شد که کشاورزان در مزارع مورد بررسی با توجه به شرایط جوی و وجود منابع آب، صفر تا شش نوبت مزرعه سویا را آبیاری کردند. عملکرددانه نهایی سویا توسط اثر متقابل ژنوتیپ × محیط رشد تعیین می شود و عملیات زراعی نیز در راستای فراهمکردن محیطی مطلوب تر برای رشد گیاه برنامه ریزی و انجام می شود. یکی از مهمترین عوامل محیطی تعیین کنندهٔ عملکرد دانه سویا، وضعیت رطوبتی خاک است (Kumudini *et al*., 2002).

مراحل گلدهی و غلاف بندی حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه سویا به تنش رطوبتی است (Egli and Bruening, 2000; Board, 2002; Asadi and Faraji, 2009). عدم دسترسی به رطوبت مناسب، همراه با دماهای بالا، مهمترین عامل موثر بر ریزش گل می باشد، چون تأمین رطوبت کافی مانع ایجاد تغییرات تخریبی درناحیه ریزش دمگل ها می شود. معمولا گل هایی که با تاخیر تشکیل می شوند در شرایط رویشی آخر فصل نیازهای نوری و دمایی آن ها تامین نمی شود و عقیم می مانند، که گاهی منجر به ایجاد عارضه اختلال در غلاف بندی سویا می گردد (Faraji *et al*., 2018a; Faraji *et al*., 2018b). کومودینی و همکاران (Kumudini *et al*., 2002) گزارش کردند که هر نوع ریزش گل که ناشی از تنش خشکی باشد صدمات جبران ناپذیری را بر عملکرد دانه سویا وارد می کند.

کمبود رطوبت در خاک در طول دوره گلدهی و حتی در مرحلهٔ تشکیل غلاف عملکرد دانه سویا را از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته کاهش می دهد (Scott *et al*., 1987). سمیسیکلاز و همکاران (Smiciklas *et al*., 1992) گزارش کردند تنش در مرحله گلدهی علاوه بر کاهش وزن خشک گیاه، کاهش اجزای عملکرد و در نهایت تعداد دانه در بوته را در پی داشت. کورت و همکاران (Korte *et al*., 1983) به این نتیجه رسیدند که هر چند ریزش درصدی از گل‌ها و غلاف‌ها یک پدیده طبیعی است ولی تنش خشکی در اوایل مرحله زایشی، ریزش گل‌ها و غلاف‌ها را افزایش می‌دهد.

تنش های حرارتی از طریق القای ریزش بیشتر گل ها، سبب کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه سویا می شوند (Faraji and Raeisi, 2016). بالا بودن دمای هوا، بویژه در مرحله زایشی و دماهای بالاتر از حد تحمل سویا خسارت‌های زیادی به فرایند تولید گل و غلاف، جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده وارد می کند. البته ارقام سویا از این نظر دارای حساسیت متفاوتی هستند (Asadi and Faraji, 2009).

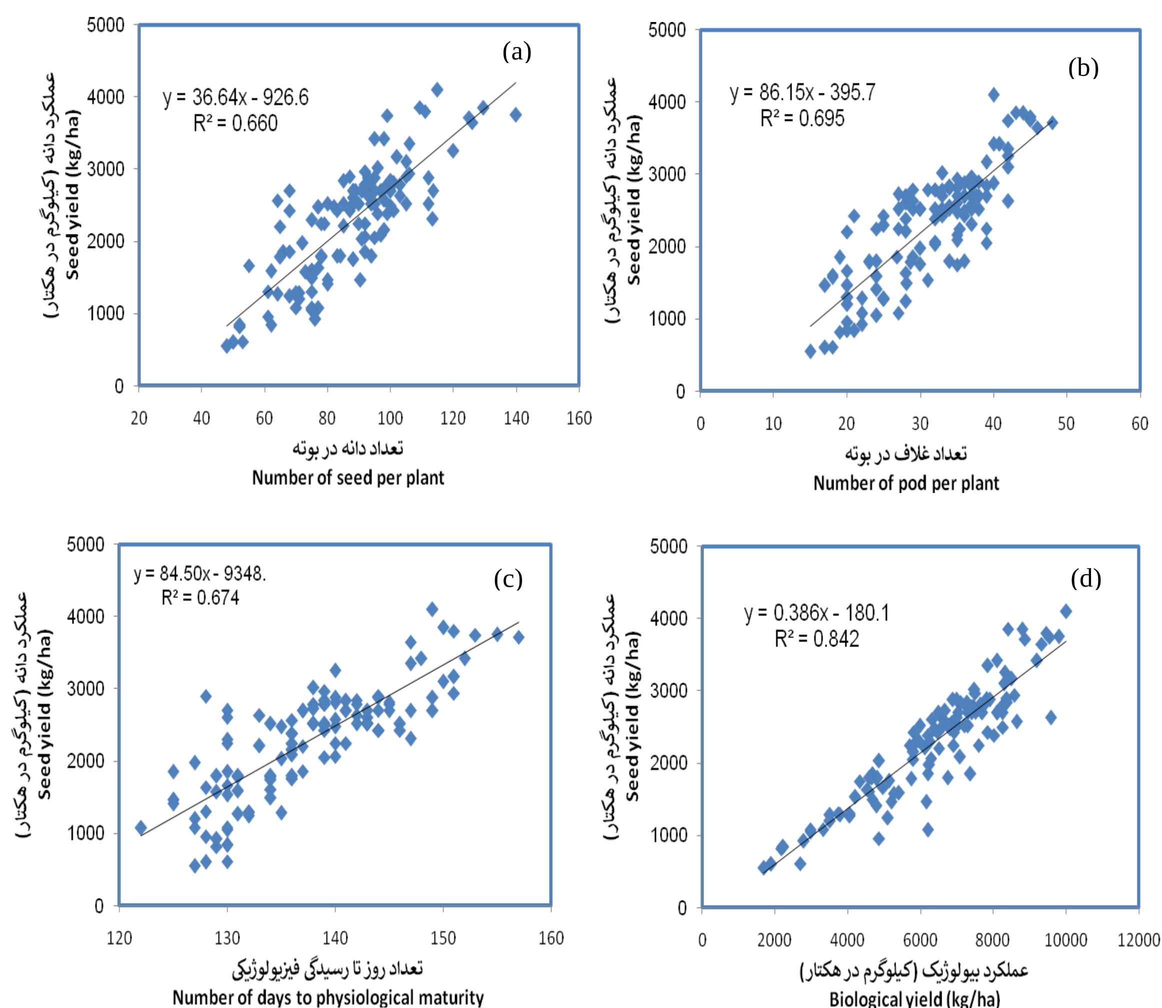
از طرف دیگر یکی از مشکلات مهم در تولید سویا در منطقه گرگان زمانی اتفاق می افتد که دمای هوا در طول دوره پرشدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافته و به کمتر از ۱۵ درجه سانتی گراد می رسد. این موضوع بویژه در شرایط کشت های تاخیری و تابستانه و در مورد ارقام دیررس نظیر کتول اتفاق می افتد. اطلاعات سال های گذشته نشان می دهد که دوره پر شدن دانه در مزارع سویا در این شرایط طولانی تر می شود، و عارضه اختلال در غلاف بندی بیشتر و در نهایت کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد (Faraji *et al*., 2018a; Faraji *et al*., 2018b). به عبارت دیگر، برخورد دوره پر شدن دانه سویا با دماهای پایین در کشت های تاخیری در ارقام دیررس سبب می شود که غلاف های تشکیل شده با تاخیر در رسیدگی مواجه شوند، فتوسنتز جاری کاهش یابد و در نتیجه وزن دانه و به تبع آن عملکرد دانه به شدت کاهش یابد.

رابطه عملکرد دانه با اجزای عملکرد

در این پژوهش رابطه رگرسیونی مثبت و قوی بین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه وجود داشت. به طوری که این روابط در مورد تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته به ترتیب ۷۰ و ۶۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد (شکل ۴). لازم به ذکر است رابطه رگرسیونی وزن هزار دانه با عملکرد دانه مثبت بود، گرچه معنی دار نبود. (شکل ارائه نشده است).

بین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه رابطه رگرسیونی مثبت و معنی دار وجود داشت. به طوری که این روابط به ترتیب ۶۷ و ۸۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توضیح داد (شکل ۴). به ازای هر روز افزایش در تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی عملکرد دانه ۸۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. همچنین، در مزارع مورد بررسی، به ازای هر کیلوگرم افزایش ماده خشک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی عملکرد دانه ۰/۳۹ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۴).

عملکرد دانه سویا توسط تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه تعیین می‌شود (Egli, 2017) که معمولاً تحت تاثیر تشعشع خورشیدی و میزان فتوسنتز در طول دوره گلدهی و پرشدن دانه می باشند. به‌دلیل حساسیت سویا به طول روز، تاریخ کاشت بیش از هر عامل دیگری بر عملکرد سویا موثر است. تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته، زمان رسیدن، اندازه دانه و عملکرد دانه تأثیر فراوانی دارد. بهترین زمان کاشت بسته به نوع رقم و شرایط منطقه متفاوت است. کاشت در زمان مناسب باعث کنترل خسارت ناشی از سرمای دیررس بهاره و زودرس پاییزه، کاهش خسارت آفات، بیماری ها و علف‌های هرز می شود و به‌دلیل استفاده از شرایط آب و هوایی مساعد نظیر تطابق زمان گلدهی با درجه حرارت مناسب از اهمیت خاصی برخوردار است.



شکل ۴- رابطه عملکرد دانه با تعداد دانه در بوته(a)، تعداد غلاف در بوته(b)، در غلاف، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (c) و عملکرد بیولوژیک (d)

Fig. 4. Relationship between seed yield with number of seed plant^{-1}(a), number of pod plant^{-1} (b), days to physiological maturity (c) and biological yield (d)

وقوع دماهای بالا و پایین به مدت طولانی در مرحله گلدهی تا تشکیل غلاف می‌تواند تعداد غلاف و تعداد گل را کاهش دهد (Faraji *et al.*, 2016). چوگان (Chogan, 1991) گزارش کرد که در منطقه گرگان با تأخیر در کاشت سویا، طول دوره رشد و عملکرد دانه کاهش یافت و باعث زودرسی اجباری شد. سمیسیکلاز و همکاران (Smiciklas *et al.*, 1992) بیان داشتند که تنش در مرحله گلدهی سویا علاوه بر کاهش وزن خشک گیاه، کاهش اجزای عملکرد و در نهایت موجب کاهش تعداد دانه در گیاه شد.

تاریخ کاشت یکی از عوامل مهمی است که بر طول مراحل رویشی و زایشی، تناسب بین آنها و همچنین سایر چنبه های رشد گیاه و در نهایت عملکرد دانه سویا تاثیر می گذارد (Faraji *et al.*, 2016). کاشت سویا در زمان مناسب باعث کاهش خسارت ناشی از دماهای بالا در دوره گلدهی و تشکیل دانه و همچنین دماهای پایین پاییزه در دوره پر شدن دانه می شود. در این ارتباط امکان تطابق دوره گلدهی با دمای مناسب از اهمیت خاصی برخوردار است. با کشت به موقع و طولانی تر شدن فصل رشد، جذب تشعشع خورشیدی بیشتر می شود، و مدت و میزان انتقال مواد فتوسنتزی به قسمت های ذخیره ای گیاه نظیر دانه ها افزایش می یابد. از طرف دیگر با تاخیر در کاشت طول دوره های نموی کوتاه می شود و بر روی عملکرد اثر گذاشته و آن را کاهش می دهد (Faraji *et al.*, 2016).

اثر تاخیر در کاشت بر رشد و نمو سویا و جذب تشعشع خورشیدی منجر به کاهش طول دوره رشد، کاهش شاخص سطح برگ در مراحل مختلف گیاه بویژه در مرحله شروع گلدهی، کاهش فتوسنتز خالص، کاهش تولید ماده خشک، کاهش رشد محصول، و در نتیجه کاهش عملکرد دانه در گیاهان مختلف نظیر سویا می شود. علاوه بر آن، در تاریخ کاشت های تاخیری تعداد دانه در بوته کمتری تولید شده و در نهایت عملکرد دانه کاهش می یابد. بورد و همکاران (Board *et al.*, 1999) اعلام کردند که با تاخیر در کاشت تعداد غلاف های بارور کاهش یافت که نتیجه آن کاهش شدید عملکرد دانه بود. بورد و هال (Board and Hall, 1984) نشان دادند که کاهش عملکرد در تاریخ های کاشت نامناسب، به تولید کمتر تعداد دانه بر روی شاخه های فرعی مربوط می شود، به گونه ای که این موضوع ناشی از محدودیت نمو این شاخه ها است. صلاحی و همکاران (Salahi *et al.*, 2006b) در بررسی اثر چهار تاریخ کاشت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا رقم ویلیامز در منطقه گرگان گزارش کردند که تاریخ کاشت ۱۵ خرداد بیشترین تعداد غلاف دو دانه ای، تعداد غلاف سه دانه ای و عملکرد دانه را داشت.

با توجه به سند ملی دانش بنیان بخش امنیت غذایی، ناپایداری تولید، پایین بودن ضریب نفوذ دانش و فناوری، بهره وری پایین نهاده های

تولیـد و شـکاف عملکـرد ۴۰ تـا ۶۰ درصـدی در اکثـر مـزارع کشـور از چـالش هـای مهـم حـوزه کشـاورزی و امنیـت غـذایی اسـت (Anonymous, 2022). اضافه برداشـت سـالانه حدود ۵ میلیارد متـر مکعـب از سـفره هـای آب های زیرزمینـی، رانـدمان پـایین آبیـاری مـزارع، عدم توجه به توان زیسـت بـوم کشـور، آمـایش سرزمین و الگوی کشـت از دیگـر چـالش هـای بخش کشاورزی کشور می باشد.

بـا توجـه بـه سـند امنیـت غـذایی، وابسـتگی حـدود ۹۳ درصـدی در تـامین روغـن و ۸۸ درصدی در تامین کنجاله مورد نیاز از مهمتـرین مشکلات کشور بوده و بایستی با برنامه ریـزی و اتخاذ راهبردهای مناسب نظیر ارتقا ضریب نفـوذ دانـش فنـی و فنـاوری در مـزارع کشـاورزان و همچنـین افـزایش بهـره وری نهـاده هـای تولیـد زمینه تحقـق خوداتکـایی ۴۴ درصـدی روغـن و ۵۰ درصدی کنجالـه مـورد نیـاز کشـور در افـق ۱۴۱۰ فراهم گردد (Anonymous, 2022).

کمبود مواد آلی خاک، درصد پایین خـاک های درجـه ۱ و ۲ و بـویژه کمبـود خـاک هـای بـا حاصـلخیزی مناسـب، بـالا بـودن ضـریب فرسـایش خـاک (میـانگین ۱۶ تـن در هکتـار در سـال)، کـاهش ۰/۵۹ میلـی متـر بارنـدگی سالانه و افزایش ۰/۰۴ درجه سانتی گراد سـالانه درجه حرارت در ۵۰ سال گذشته از چالش های مهـم کشـور در بخـش کشـاورزی مـی باشـند (Soltani *et al*., 2019).

در کشورهای در حال توسعه، انتظار می رود حدود ۸۰ درصد رشد تولید محصولات زراعـی از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح حاصل شود (Bruinsma, 2009). افـزایش عملکـرد در واحـد سـطح از طریق کـاهش شـکاف موجـود بین عملکرد واقعـی و عملکرد پتانسیل، راهکـار کلیـدی بـرای افزایش تولید محصولات زراعـی اسـت (Hochman *et al*., 2012). بـدون شـک بـرآورد شکاف عملکرد یک محصـول زراعـی در یک منطقه، به عنوان اولین قـدم در شناسـایی عوامـل محدود کننـده آن گیاه شناخته می شـود (Lobell *et al*., 2009). تجزیه شکاف عملکرد ناشـی از مـدیریت مزرعه، زمینـه را بـرای یـافتن راهکارهـای مـدیریت زراعـی مطلـوب بـا هـدف دستیابی به عملکـرد قابـل حصـول بیشـتر فـراهم می سازد (Van Wart *et al*., 2013).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش میدانی سـه سـاله بـه خـوبی نشان داد که می‌تـوان بـا اعمـال مـدیریت زراعـی مناسب نظیر رعایت تاریخ کاشت و آبیاری بهینـه سبب افزایش عملکرد دانه سویا در منطقه گرگان شد. در منطقه گرگـان در اسـتان گلسـتان کشـت سـویا عمـدتا در اواخـر خـرداد و تیـر و بعـد از برداشـت محصـولات پـاییزه نظیـر گنـدم و کلـزا صورت انجام می شـود. در چنـین شـرایطی تغییـر ارقام مورد کشت و انتخاب رقم های زودرس که بتواننـد در شـرایط کشـت تابسـتانه از رشـد قابـل قبولی برخوردار بوده، تحمل بیشتری به تنش های محیطی داشته و نیاز آبی کمتری داشته باشند و تـا

اواخـر مهـر بـه مرحلـه رسـیدگی فیزیولـوژیکی برسند، در استقبال کشاورزان از توسعه کشت این محصول، بسیار مهم موثر باشد.

با توجه به شرایط اقلیمی در حال تغییر در سال های اخیر کـه بـا افـزایش دمـای هـوا و همچنـین کاهش بارندگی و منابع آبی قابل دسترس همـراه بوده اسـت و افـزایش سـطح کشـت محصـولات رقیـب نظیـر بـرنج، کـه دارای مزیـت اقتصـادی بالاتری می باشد، حمایت و توجه بیشـتر بـه حـل مشـکلات فنـی محصـول سـویا، جهـت پایـداری تولید و توسعه کشت آن ضروری است.

سپاسگزاری

نگارنـــده بدینوســـیله از همکـــاران مرکـــز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعـی و کارشناسـان سـازمان جهـاد کشـاورزی اسـتان گلستان برای همکاری‌های در اجرای این پروژه پژوهشی سپاسگزاری می‌کند.

References

Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hosseinpour, F., Abdolshah, H., Kazemian, A. and Rafiei, M. 2017. Agricultural statistics: 2015-16 Cropping cycle. 1st volume. Field crops. Information and Communication Technology Center. Deputy of Planning and Economy. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 125 pp. (in Persian).

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Abdolshah, H., Kazemian, A. and Rafiei, M. 2018. Agricultural statistics: 2016-17 Cropping cycle. 1st volume. Field crops. Information and Communication Technology Center. Deputy of Planning and Economy. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 124 pp. (in Persian).

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Abdolshah, H., and Kazemian, A. 2019. Agricultural statistics: 2017-18. Cropping cycle. 1st volume. Field crops. Information and Communication Technology Center. Deputy of Planning and Economy. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 95 pp. (in Persian).

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Abdolshah, H., and Kazemian, A. 2020. Agricultural statistics: 2018-19. Cropping cycle. 1st volume. Field crops. Information and Communication Technology Center. Deputy of Planning and Economy. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 97 pp. (in Persian).

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Mohamadnia Afroozi, Sh., Esfandiaripour, E., and Abass Taleghani., R. 2021. Agricultural statistics: 2019-20 Cropping cycle. 1st volume. Field crops. Information and Communication Technology Center. Deputy of Planning and Economy. Ministry of

Jihad-e-Agriculture. 97 pp. (in Persian).

Ananymous, 2022. Knowledge based document of Iran food security. Agricultural section. Iran Supreme Council of Cultural Revoulation. 35 pp. (in Persian).

Asadi, M. E., and Faraji, A. 2009. Applied principles of oilseeds (soybean, cotton, and canola, sunflower) production. Agricultural Science of Iran Press. 84 pp. (in Persian).

Board, J. E. 2002. A regression model to predict soybean cultivar yield performance at late planting dates. Agronomy Journal 94 (3): 483-492.

Board, J. E., and Hall, W. 1984. Premature flowering in soybean yield reductions at nonoptimal planting dates as influence by temperature and photoperiod1. Agronomy Journal 76: 700-704.

Board, J. E., Kang, M.S., and Harville, B. G. 1999. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean. Agronomy Journal 91 (1): 128-135.

Bruinsma, J. 2009. How to Feed the World in 2050. pp. 1-33. In: Proceedings of a technical meeting of experts. 24-26 June 2009. Rom, Italy.

Chogan, R. 1991. Investigation the effect of planting date on soybean yield (Gorgan3 cultivar). Seed and Plant Journal 2: 32-42 (in Persian).

Egli, D. B., and Bruening, W. P. 2000. Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings, Agronomy Journal 92 (3): 532-537.

Egli, D. B. 2017. Seed biology and the yield of grain crops. 2nd edition. CAB International. Wallingford, UK. 234 pp.

FAO. 2017. The future of food and agriculture–Trends and challenges. Annual Reports. Rome, Italy. 180 pp.

Faraji, A., Raeisi, S., Hezarjeribi, E., and Mobasser, S. 2012. Oil crops. Nourozi Press. 542 pp. (in Persian).

Faraji, A., and Raeisi, S. 2016. Pod abnormality in soybean crop. Technical report. Registeration no. 49518. Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center. 19 pp. (in Persian).

Faraji, A., Raeisi, S., Mohammadzadeh, J., Razi Nataj, M., Fathi, M., and Mohammadpour Zaydi, L. 2016a. The soybean, botany, production and uses. Nourozi Press. 446 pp. (in Persian).

Faraji, A., Raeisi, S., Younes abadi, M., Sadegh Neghad, H. R., Kia, Sh., Bagheri, M., Kazemi Talachi, M., Hezarjeribi, E., Mousakhani, A., Soukhtsarei, N. 2016b. Soybean production in Golestan province. Registartion no. 49519. Golestan

Agricultural and Natural Resources Research Center. 30 pp. (in Persian).

Faraji, A., Mohajer, A. R., and Shamlei, S. 2018a. Evaluation some factors effecting soybean pod abnormality in Golestan province. Final report. Reegistration no. 57197. Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center. 80 pp. (in Persian).

Faraji, A., Najafi, H., Sokhtehsaraei, M., Delavaran, H., Behmanesh, B., Hoseini, A., Zohri, H., Askari, M., Agh Atabai, A., Ghazaeian, M., Malak Shahkouei, S., Ali Mohammadzadeh, S., Shamlei, S., Kiani, A., Imani, M., Mobasheri, M. T., Abbasi, M. R., Mousakhani, A., Ebrahimi, H., Haghnama, K., and Younes Abadi, M. 2018b. Soybean pod abnormality management in Golestan province. Final Report of extension project. Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center. 58 pp. (in Persian).

Fehr, W. R., and Caviness C. E. 1977. Stages of soybean development. Cooperative Extension Services. Iowa State University. Iowa, USA. 13 pp.

Ghayeb Zamharir, M., Shameli, S., and Bertaccini, A. 2022a. Epidemiology of soybean bud proliferation and seed pod abortion disease in Iran. Australasian Plant Pathology 51: 383-390.

Ghayeb Zamharir, M., Shameli, S., and Bertaccini, A. 2022b. Molecular evidence of seed transmission of soybean bud proliferation and seed pods abortion phytoplasma disease. Indian Phytopathology 75: 889-893.

Han, T., Wu, C., Tong, Z., Mentreddy, R. S., Tan, K., and Gai, J. 2006. Post flowering photoperiod regulates vegetative growth and reproductive development of soybean. Environmental and Experimental Botany 55 (1-2): 120-29.

Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., Mc Clell, T., van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, J. N., and Horan, H. 2012. Quantifying yield gaps in rainfed cropping systems: A case study of wheat in Australia. Field Crop Research 136: 85-96.

Kiani, A. R., and Sedaghat Dost, A. 2016. Water productivity and its improvement. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 72 pp. (in Persian).

Korte, L., Specht, L., Williams, J. E., and Sorensen, R. C. 1983. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny II. Yield component responses. Crop Science 23: 528-533.

Kumudini, S., Hume, D. J., and Chu, G. 2002. Genetic improvement in short-season soybean (nitrogen accumulation, remobilization and partitioning). Crop Science 42: 141-145.

Lobell, D. B., Cassman, K. G., and Field, C. B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annual Review of Environment and Resources 34: 1-179.

Por Mousavi, S. M., Galavi, M., Daneshiyan, J., Ghanbari, A., and N. Basirani. N. 2007. Effects of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycine max*). Journal of Agricultural Science and Natural Resources 14: 125-134. (in Persian).

Salahi, F., Latifi, N., and Amjadian, M. 2006a. The effect of planting date on the yield and yield components of soybean (*Glycine max*) in Gorgan region. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 13: 1-7. (in Persian).

Salahi, F., Latifi, N., and Amjadian, M. 2006b. The effect of planting date on the yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.) cv. Williams in Gorgan region. Journal of Agricultural and Natural Resource Sciences 13: 17-29.

SAS Institute. 1997. 'SAS/STAT. Usersguid. [Version 6.12].', Cary, NC, SAS Inst.

Scott, H., Ferguson, D., and Wood, L. S. 1987. Water use, yield, and dry matter accumulation by determinate soybean grown in a humid region. Agronomy Journal 79: 870-875.

Shameli, S., Rakhshandehroo, F., and Safarnejad, M. R. 2018. Effect of tobacco streak virus on different soybean cultivars in greenhouse conditions. Journal of Pest and Desiease 86: 133-145. (in Persian).

Smiciklas, K. D., Mullen, R. E., Carlson, R. E., and Knapp, A. D. 1992. Soybean seed quality response to drought stress and pod position. Agronomy Journal 84: 166-170.

Soltani, A. 2009. Mathematics modeling in crops. Mashhad Jihad Danesgahi Press. Mshhad, Iran. 175 pp. (in Persian)

Soltani, A., Zand, E., Alimagham, M., Nehbandani, A., Barani, H., Torabi, B., Zeinali, E., and Mirkarimi, Sh. 2019. Food security analysis of Iran to 2050. Project Final Report. of Agricultural Research, Education and Extension Organization. Tehran, Iran. 136 pp. (in Persian).

Van Wart, J., van Bussel, L. G. J., Wolf, J., Licker, R., Grassini, P., Nelson, A., Boogaard, H., Gerber, J., Mueller, N. D., Claessens, L., van Ittersum, M. K., and Cassman, K.G. 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. Field Crops Research 143: 44-55.